

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
23. Mai 2002 (23.05.2002)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 02/40857 A2**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **F02M 55/02**,  
59/34

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE]; Postfach 30 02  
20, 70442 Stuttgart (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE01/04317

(22) Internationales Anmeldedatum:  
16. November 2001 (16.11.2001)

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **SCHUELER, Peter**  
[DE/DE]; Uhlandstr. 8/1, 71229 Leonberg (DE).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(81) Bestimmungsstaaten (national): JP, KR, US.

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

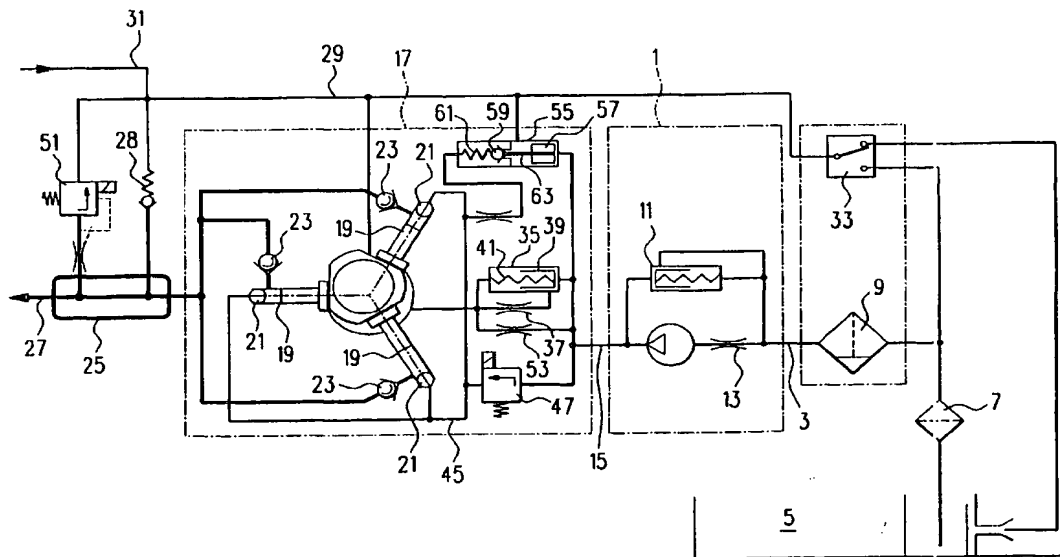
(30) Angaben zur Priorität:  
100 57 244.8 18. November 2000 (18.11.2000) DE

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,  
BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC,  
NL, PT, SE, TR).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: FUEL INJECTION SYSTEM FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINES EXHIBITING IMPROVED START BE-  
HAVIOR

(54) Bezeichnung: KRAFTSTOFFEINSPRITZANLAGE FÜR BRENNKRAFTMASCHINEN MIT VERBESSERTEM START-  
VERHALTEN



(57) Abstract: Disclosed is a fuel injection system wherein a controlled zero-delivery throttle (49) or suppression thereof and appropriate control of the pressure valve (51) of a common rail (25) enable the start behavior of the internal combustion engine to be improved upon and ensure that no unacceptably high pressure is built up in the common rail in a trailing-throttle mode of said internal combustion engine.

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Kraftstoffeinspritzsystem vorgeschlagen, bei welchem durch eine gesteuerte Nullförder-Drossel (49) oder durch den Wegfall der Nullförder-Drossel und eine geeignete Steuerung des Druckventils (51) eines Common-Rails (25) das Startverhalten der Brennkraftmaschine verbessert werden kann und gleichzeitig sichergestellt wird, dass im Schiebetrieb der Brennkraftmaschine kein unzulässig hoher Druck im Common-Rail aufgebaut wird.

WO 02/40857 A2



**Veröffentlicht:**

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

5

10

Kraftstoffeinspritzanlage für Brennkraftmaschinen mit  
verbessertem Startverhalten

15

20

Die Erfindung betrifft eine Kraftstoffhochdruckpumpe für ein Kraftstoffeinspritzsystem einer Brennkraftmaschine, mit mindestens einem Pumpenelement, mit einer Vorförderpumpe, mit einem Zumessventil, wobei die Vorförderpumpe Kraftstoff aus einem Tank zur Saugseite des oder der Pumpenelemente fördert, und wobei die von der Vorförderpumpe zur Saugseite des oder der Pumpenelemente geförderte Kraftstoffmenge durch das Zumessventil regelbar ist, und mit einer Drossel zur Begrenzung des Kraftstoffabflusses von der Saugseite des oder der Pumpenelemente sowie ein Kraftstoffeinspritzsystem nach dem Oberbegriff des nebengeordneten Anspruchs 10.

25

Stand der Technik

30

Zur Regelung der Fördermenge einer Kraftstoffhochdruckpumpe wird ein Zumessventil auf der Saugseite der Pumpenelemente der Kraftstoffhochdruckpumpe angeordnet, welches eine mehr oder minder starke Drosselung bewirkt.

35

Im Schiebetrieb der Brennkraftmaschine, bspw. bei einer Bergabfahrt eines Kraftfahrzeugs, soll kein Kraftstoff in die Brennräume der Brennkraftmaschine eingespritzt werden. Aus diesem Grund wird das Zumessventil im Schiebetrieb geschlossen. Da das Zumessventil auch in geschlossenem Zustand eine gewisse Leckage aufweist, fließt auch im

- 2 -

Schiebebetrieb eine, wenn auch geringe, Kraftstoffmenge zu den Pumpenelementen und wird von diesen angesaugt. Der von den Pumpenelementen geförderte und unter Hochdruck stehende Kraftstoff strömt bspw. in den Common-Rail des

5 Kraftstoffeinspritzsystems und kann somit dazu führen, dass im Schiebetrieb ein unerwünscht hoher Druck aufgebaut wird, da die Injektoren keinen Kraftstoff in die Brennräume einspritzen.

10 Um dies zu verhindern ist es bekannt, eine sog. "Nullförder"-Drossel vorzusehen, durch welche kleine Kraftstoffmengen von der Saugseite der Pumpenelemente in einen Kraftstoffrücklauf oder zur Saugseite der

15 Vorförderpumpe abfließen können. Dadurch wird verhindert, dass auf der Saugseite der Pumpenelemente ein Druck aufgebaut wird und somit die Pumpenelemente die Schließkraft der Saugventile überwinden können. Infolgedessen saugen die Pumpenelemente keinen Kraftstoff im Schiebetrieb an und der ungewollte Aufbau von Druck im

20 Common-Rail während des Schiebetriebs wird verhindert.

Nachteilig an dieser Lösung ist, dass die Nullförder-Drossel auch beim Starten der Brennkraftmaschine geöffnet ist und somit der Druckaufbau auf der Saugseite der

25 Pumpenelemente verzögert, bzw. erschwert wird. In Folge dessen benötigt die Brennkraftmaschine eine hohe Startdrehzahl und startet erst nach einer gewissen Zeit.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde eine

30 Kraftstoffhochdruckpumpe für ein Kraftstoffeinspritzsystem und ein Kraftstoffeinspritzsystem für eine Brennkraftmaschine bereitzustellen, bei deren Einsatz das Startverhalten der Brennkraftmaschine verbessert wird.

35 Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst, durch eine Kraftstoffhochdruckpumpe für ein Kraftstoffeinspritzsystem

- 3 -

einer Brennkraftmaschine, mit mindestens einem Pumpenelement, mit einer Vorförderpumpe, mit einem Zumessventil, wobei die Vorförderpumpe Kraftstoff aus einem Tank zur Saugseite des oder der Pumpenelemente fördert und wobei die von der Vorförderpumpe zur Saugseite des oder der Pumpenelemente geförderte Kraftstoffmenge durch das Zumessventil regelbar ist, und mit einer steuerbaren Drossel zur Begrenzung des Kraftstoffabflusses von der Saugseite des oder der Pumpenelemente.

#### Vorteile der Erfindung

Bei der erfindungsgemäßen Kraftstoffhochdruckpumpe kann die Drossel bei Startvorgang geschlossen werden, so dass sich der Druckaufbau auf der Saugseite der Pumpenelemente schneller vollzieht und somit das Startverhalten der Brennkraftmaschine verbessert wird.

Bei einer Variante der Erfindung ist vorgesehen, dass die Drossel schließt, wenn der Kraftstoffdruck auf der Druckseite der Vorförderpumpe einen ersten Referenzwert unterschreitet, so dass in allen Betriebszuständen bei denen die Kraftstoffversorgung der Kraftstoffhochdruckpumpe mangelhaft ist, die Drossel geschlossen wird und somit der gesamte von der Vorförderpumpe geförderte Kraftstoff den Pumpenelementen zur Verfügung steht.

Bei einer Ergänzung der Erfindung wird die Drossel von einem mit dem Kraftstoffdruck auf der Druckseite der Vorförderpumpe beaufschlagten Steuerventil gesteuert, so dass auf einfache und zuverlässige Weise die Steuerung der Drossel erfolgt. Ein Steuergerät des Kraftstoffeinspritzsystems wird dazu nicht benötigt.

In weiterer Ergänzung der Erfindung ist vorgesehen, dass das Steuerventil auch den Zufluss von Kraftstoff in die

- 4 -

Kraftstoffhochdruckpumpe zur Schmierung steuert, so dass beide Funktionen, nämlich das Steuern der Drossel und des Zuflusses von Kraftstoff in die Kraftstoffhochdruckpumpe zu schmieren, mit einem Ventil einfach und kostengünstig  
5 erfolgen können.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass das Steuerventil ein Kaskadenventil ist, und dass das Steuerventil den Zufluss von Kraftstoff in die  
10 Kraftstoffhochdruckpumpe zur Schmierung in mehreren Stufen steuert, so dass einerseits gewährleistet ist, dass die Kraftstoffhochdruckpumpe stets ausreichend geschmiert wird und andererseits sichergestellt ist, dass den  
15 Pumpenelementen bei niedrigen Drehzahlen ausreichend Kraftstoff zur Verfügung steht.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Drossel in das Steuerventil integriert ist, so dass die Zahl der benötigten Baugruppen und Verbindungsleitungen sowie der  
20 Platzbedarf verringert werden.

Weitere Ausgestaltungen der Erfindung sehen vor, dass die Drossel ablaufseitig mit einer in den Tank mündenden Rücklaufleitung, mit der Saugseite der Vorförderpumpe oder  
25 mit der Schmierung der Kraftstoffhochdruckpumpe verbunden ist, so dass unabhängig von der ablaufseitigen Verschaltung der Drossel die erfindungsgemäßen Vorteile genutzt werden können.

Die eingangs genannte Aufgabe wird erfindungsgemäß ebenfalls gelöst, durch eine Kraftstoffeinspritzanlage für eine Brennkraftmaschine, mit einer Kraftstoffhochdruckpumpe, wobei die Kraftstoffhochdruckpumpe mindestens ein Pumpenelement  
30 aufweist, mit einer Vorförderpumpe, mit einem Zumessventil, wobei die Vorförderpumpe Kraftstoff aus einem Tank zur  
35

- 5 -

Saugseite des oder der Pumpenelemente fördert und wobei die von der Vorförderpumpe zur Saugseite des oder der Pumpenelemente geförderte Kraftstoffmenge durch das Zumessventil regelbar ist, mit einem mit der Druckseite der Kraftstoffhochdruckpumpe verbundenen Common-Rail, wobei der Common-Rail über ein Druckregelventil mit einem Kraftstoffrücklauf verbindbar ist und wobei im Schiebetrieb der Brennkraftmaschine das Druckregelventil geöffnet und das Zumessventil geschlossen ist.

Bei diesem Kraftstoffeinspritzsystem kann auf eine Nullförder-Drossel verzichtet werden, da im Schiebetrieb das Druckregelventil geöffnet ist und somit der Druck im Common-Rail so weit absinkt, dass ein Druckaufbau im Schiebetrieb nicht möglich ist. Die im Schiebetrieb von der Kraftstoffhochdruckpumpe geförderte Kraftstoffmenge entspricht der Leckage des Zumesssystems und ist sehr gering. Besonders vorteilhaft an dem erfindungsgemäßen Kraftstoffeinspritzsystem ist, dass die Funktionalität der Nullförder-Drossel durch eine geeignete Ansteuerung des ohnehin vorhandenen Druckventils und des ohnehin vorhandenen Zumessventils erreicht wird. Dadurch vereinfacht sich der Aufbau des Kraftstoffeinspritzsystems und dessen Zuverlässigkeit wird erhöht.

Bei weiteren Ausgestaltungen der Kraftstoffeinspritzanlage ist vorgesehen, dass das Druckregelventil ein Sperr- oder ein Stromventil ist und/oder dass ein Steuergerät zur Steuerung der Kraftstoffeinspritzanlage vorgesehen ist, so dass je nach dem Regelkonzept der Kraftstoffeinspritzanlage der Druck im Common-Rail durch ein Sperr- oder ein Stromventil steuerbar ist.

Bei einer anderen Ausführungsform der Erfindung ist die Vorförderpumpe eine Zahnradpumpe, die von der Kraftstoffhochdruckpumpe oder der Brennkraftmaschine

- 6 -

49angetrieben wird. Da bei Kraftstoffhochdruckpumpen dieser Bauart die Drehzahl und damit auch die Förderleistung der Vorförderpumpe direkt von der Drehzahl der Brennkraftmaschine abhängt, vollzieht sich der Druckaufbau auf der Saugseite der Pumpenelemente beim Starten der Brennkraftmaschine relativ langsam, so dass die Vorteile der erfindungsgemäßen Kraftstoffhochdruckpumpe bzw. des erfindungsgemäßen Kraftstoffeinspritzsystems besonders vorteilhaft zum Tragen kommen.

Weitere Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind der nachfolgenden Zeichnung und deren Beschreibung entnehmbar.

Zeichnung

Es zeigen:

Figur 1 ein Kraftstoffeinspritzsystem nach dem Stand der Technik,

Fig. 2-5 Ausführungsbeispiele erfindungsgemäßer Kraftstoffeinspritzsysteme und

Figur 8 ein Diagramm an Hand dessen die Vorteile des erfindungsgemäßen Kraftstoffeinspritzsystems nachgewiesen werden.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

In Figur 1 ist ein Common-Rail-Einspritzsystem nach dem Stand der Technik schematisch dargestellt. Eine Vorförderpumpe 1 saugt über eine Zulaufleitung 3 nicht dargestellten Kraftstoff aus einem Tank 5 an. Dabei wird der Kraftstoff in einem Vorfilter 7 und einem Filter mit



- 7 -

Wasserabscheider 9 gefiltert.

Die Vorförderpumpe 1 ist als Zahnradpumpe ausgebildet und weist ein erstes Überdruckventil 11 auf. Saugseitig wird die Vorförderpumpe durch eine erste Drossel 13 gedrosselt. Eine Druckseite 15 der Vorförderpumpe 1 versorgt eine Kraftstoffhochdruckpumpe 17 mit Kraftstoff. Die Kraftstoffhochdruckpumpe 17 ist als Radialkolbenpumpe mit drei Pumpenelementen 19 ausgeführt und treibt die Vorförderpumpe 1 an. Auf der Saugseite der Pumpenelemente 19 ist je ein Saugventil 21 vorgesehen. Auf der Druckseite der Pumpenelemente 19 ist je ein Rückschlagventil 23 vorgesehen, welches verhindert, dass der unter hohem Druck stehende Kraftstoff, welcher von den Pumpenelementen 19 in ein Common-Rail 25 gefördert wurde, in die Pumpenelemente 19 zurückfließen kann.

Die unter Hochdruck stehenden Leitungen des Kraftstoffeinspritzsystems sind in den Fig. 1 bis 5 mit dicken Linien gezeichnet, während die unter niedrigem Druck stehenden Bereiche des Kraftstoffeinspritzsystems mit dünnen Linien dargestellt sind.

Der Common-Rail 25 versorgt einen oder mehrere in Figur 1 nicht dargestellte Injektoren mit Kraftstoff über eine Hochdruckleitung 27. Ein zweites Überdruckventil 28, welches bei Bedarf den Common-Rail mit einer Rücklaufleitung 29 verbindet, verhindert unzulässig hohe Drücke im Hochdruckbereich des Kraftstoffeinspritzsystems. Über die Rücklaufleitung 29 und eine Leckageleitung 31 werden die Leckage und die Steuermengen des oder der nicht dargestellten Injektoren in den Tank 5 zurückgeführt.

Über ein Schaltventil 33 kann der in der Rücklaufleitung 29 befindliche Kraftstoff auch in die Zulaufleitung 3 der Vorförderpumpe 1 transportiert werden, so dass bei

- 8 -

niedrigen Temperaturen die Versulzungsgefahr verringert wird.

Die Kraftstoffhochdruckpumpe 17 wird von der Vorförderpumpe 1 einerseits mit Kraftstoff für die Pumpenelemente 19 und andererseits mit Kraftstoff zur Schmierung versorgt. Die Kraftstoffmenge, welche zur Schmierung der Kraftstoffhochdruckpumpe 17 dient, wird über ein erstes Steuerventil 35 und eine zweite Drossel 37 gesteuert. In der in Figur 1 dargestellten Stellung des ersten Steuerventils 35 reicht der Druck auf der Druckseite 15 der Vorförderpumpe 1 nicht aus, um einen Kolben 39 des ersten Steuerventils 35 gegen die Federkraft einer Feder 41 zu bewegen. Infolgedessen ist das erste Steuerventil 35 in Figur 1 geschlossen dargestellt. Sobald der Druck auf der Druckseite 15 ansteigt, bewegt sich der Kolben 39 gegen die Federkraft der Feder 41 nach links und gibt die Leitung 43 frei. Über die Leitung 43 und die zweite Drossel 37 strömt Kraftstoff zur Schmierung der Kraftstoffhochdruckpumpe 17 in deren Kurbelgehäuse.

Die Kraftstoffhochdruckpumpe 17 versorgt über eine Verteilleitung 45 auch die Pumpenelemente 19 mit Kraftstoff. Zur Regelung der Fördermenge der Kraftstoffhochdruckpumpe 17 ist zwischen der Druckseite 15 der Vorförderpumpe 1 und der Verteilleitung 45 ein Zumessventil 47 vorgesehen. Das Zumessventil 47 ist ein Stromventil, welches von einem nicht dargestellten Steuergerät des Kraftstoffeinspritzsystems angesteuert wird. Die Pumpenelemente 19 werden somit über das Zumessventil 47 saugseitig gedrosselt.

Im Schiebetrieb, d.h. bspw. bei einer Bergabfahrt eines Kraftfahrzeugs, soll kein Kraftstoff in die Pumpenelemente 19 fließen und auch kein Kraftstoff von den nicht dargestellten Injektoren in die Brennräume der

- 9 -

Brennkraftmaschine eingespritzt werden. Da das Zumessventil 47 fertigungs- und funktionsbedingt im geschlossenen Zustand eine Leckagemenge aufweist, die in die Verteilleitung 45 strömt, würde sich ohne geeignete

5 Abhilfemaßnahmen auf der Saugseite der Pumpenelemente 19 ein Druck aufbauen, der so groß ist, dass die Pumpenelemente während des Saughubs die Saugventile 21 öffnen und Kraftstoff ansaugen. Dies hätte zur Folge, dass der Druck im Common-Rail 25 unzulässig ansteigt.

10 Um dies zu verhindern, ist eine dritte Drossel 49 vorgesehen, die nachfolgend auch als Nullförder-Drossel bezeichnet wird. Durch die Nullförder-Drossel 49 kann der Kraftstoff aus der Verteilleitung 45 in das Kurbelgehäuse

15 der Kraftstoffhochdruckpumpe 17 abfließen und dort zur Schmierung der Kraftstoffhochdruckpumpe 17 verwendet werden. Durch den Abfluss von Kraftstoff durch die Nullförder-Drossel 49 wird der oben erwähnte Druckaufbau in der Verteilleitung 45 beim Schiebebetrieb auf Grund der

20 Leckage des geschlossenen Zumessventils 47 verhindert.

Nachteilig an dieser Lösung ist, dass die Nullförder-Drossel 49 immer geöffnet ist und somit vor allem bei niedrigen Drehzahlen, wie sie z.B. bei der Inbetriebnahme

25 der Brennkraftmaschine auftreten, der gewünschte Druckaufbau in der Verteilleitung 45 durch den Abfluss von Kraftstoff durch die Nullförder-Drossel 49 verhindert wird.

30 Der Druck im Common-Rail 25 wird über ein Druckventil 51, welches auch als Stromventil ausgebildet werden kann, geregelt. Das Druckventil 51 wird ebenfalls von dem nicht dargestellten Steuergerät angesteuert.

35 In den Figuren 2 bis 5 werden verschiedene erfindungsgemäße Ausführungsformen eines Kraftstoffeinspritzsystems dargestellt, wobei für gleiche Bauteile die gleichen

- 10 -

Bezugszeichen verwendet werden und auf die Beschreibung der Figur 1 verwiesen wird.

In Figur 2 ist das erste Steuerventil 35 parallel zu einer der Systementlüftung dienenden vierten Drossel 53 geschaltet, so dass mit Beginn der Förderung der Vorförderpumpe 1 auch Kraftstoff zur Schmierung in die Kraftstoffhochdruckpumpe 17 gelangt. Die Nullförder-Drossel 49 verbindet bei diesem Ausführungsbeispiel die Verteilleitung 45 mit der Rücklaufleitung 29. Dabei wird der Durchfluss durch die Nullförder-Drossel 49 von einem zweiten Steuerventil 55 gesteuert. Das zweite Steuerventil 45 weist einen Kolben 57 auf, der mit dem Druck der Druckseite der Vorförderpumpe 1 beaufschlagt wird. Wenn der Druck der Druckseite 15 gering ist, wird eine Kugel 59 von einer Feder 61 in einen Dichtsitz 63 gepresst und verschließt somit das zweite Steuerventil 55. Sobald der Druck auf der Druckseite 15 der Vorförderpumpe 1 einen ersten Referenzwert übersteigt, bewegt sich der Kolben 47 nach links und hebt über einen Stift 63 die Kugel 61 von ihrem Sitz ab und öffnet somit das zweite Steuerventil. Im Ergebnis führt das Steuerventil 55 dazu, dass beim Startvorgang der Druckaufbau in der Verteilleitung 45 beschleunigt wird, da kein Kraftstoff durch die Nullförder-Drossel 49 abfließt. Infolgedessen beginnt die Kraftstoffhochdruckpumpe 17 früher mit der Förderung, der Druckaufbau im Common-Rail 25 wird beschleunigt und die Brennkraftmaschine beginnt früher und bei niedrigeren Drehzahlen zu arbeiten.

Wenn der Motor im Schiebebetrieb, d.h. mit gegenüber dem Leerlauf erhöhter Drehzahl und geschlossenem Zumessventil 47 arbeitet, ist der Druck auf der Druckseite 15 der Vorförderpumpe ausreichend hoch, um das zweite Steuerventil 55 zu öffnen und somit die oben beschriebene Funktion der Nullförder-Drossel 49 zu gewährleisten. Dies ist besonders

- 11 -

von Vorteil, wenn die Vorförderpumpe 1 direkt von der Kraftstoffhochdruckpumpe 17 angetrieben wird, da in diesem Fall die Drehzahl der Brennkraftmaschine, der Kraftstoffhochdruckpumpe und der Vorförderpumpe 1 direkt miteinander gekoppelt sind.

Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 3 ist die Steuerung der Nullförder-Drossel 49 in das erste Steuerventil 35 integriert. Das erste Steuerventil 35 ist als Kaskadenventil ausgebildet, d.h. der Kraftstoff zur Schmierung der Kraftstoffhochdruckpumpe 1 kann bei geringem Druck auf der Druckseite 15 der Vorförderpumpe 1 durch die der Systementlüftung dienenden vierte Drossel 53 in das Kurbelgehäuse der Kraftstoffhochdruckpumpe 17 strömen. Sobald der Druck auf der Druckseite 15 der Vorförderpumpe 1 einen ersten Referenzwert übersteigt, öffnet das erste Steuerventil und gibt eine dritte Drossel 65, die parallel zur vierten Drossel 53 geschaltet ist, frei. Somit wird der zur Schmierung der Kraftstoffhochdruckpumpe 17 bereitgestellte Kraftstoffstrom vergrößert, was insbesondere bei höheren Drehzahlen der Kraftstoffhochdruckpumpe 17 und damit auch der Vorförderpumpe 1 notwendig ist. Mit Erreichen des ersten Referenzwertes auf der Druckseite 15 wird durch eine Öffnung im Kolben 39 des ersten Steuerventils 35 auch die Nullförder-Drossel 49 geöffnet. Über eine Leckageabfuhr 67 des ersten Steuerventils kann Kraftstoff der aus der Verteilleitung 45 über die Nullförderdrossel 49 in das erste Steuerventil 35 gelangt ist abgeführt und zur Schmierung der Kraftstoffhochdruckpumpe 17 eingesetzt werden.

Es ist auch möglich, dass die Öffnung der Nullförder-Drossel 49 und der fünften Drossel 65 bei unterschiedlichen Drücken auf der Druckseite 15 der Vorförderpumpe 1 erfolgt. Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 4 ist das erste

- 12 -

Steuerventil 35 ebenfalls als Kaskadenventil ausgeführt.  
Der Kolben 39 des ersten Steuerventils 35 weist eine  
Ringnut 69 auf, welche mit Erreichen eines ersten  
Referenzwerts auf der Druckseite 15 der Vorförderpumpe 1 so  
steht, dass die Nullförder-Drossel 49 mit einer  
Ablaufleitung 71 verbunden wird. Die Ablaufleitung 71  
mündet in die Zulaufleitung 3 der Vorförderpumpe 1. .

Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 5 ist keine  
Nullförder-Drossel 49 vorhanden. Das erste Steuerventil 35  
versorgt in der oben beschriebenen Weise die  
Kraftstoffhochdruckpumpe 17 mit Kraftstoff zur Schmierung,  
während die Pumpenelemente 19 über die Verteilleitung 45  
mit Kraftstoff versorgt werden. Beim Start der  
Brennkraftmaschine ist das Druckventil 51, welches für die  
Regelung des Drucks im Common-Rail 25 zuständig ist,  
geschlossen. Der Druckaufbau in der Verteilleitung 45  
erfolgt, da keine Nullförder-Drossel 49 vorhanden ist,  
genau so schnell wie bei den Ausführungsbeispielen gemäß  
den Figuren 2 bis 4, bei denen während des Starts die  
Nullförder-Drossel 49 geschlossen ist. Da das erste  
Steuerventil 35 als Kaskadenventil ausgeführt ist, kann  
eine Entlüftung der Zulaufleitung 3, der Vorförderpumpe 1  
und der Druckseite 15 der Vorförderpumpe 1 durch die vierte  
Drossel 53, welche einen sehr kleinen Querschnitt aufweist,  
erfolgen.

Im Schiebebetrieb der Brennkraftmaschine wird das  
Zumessventil 47 geschlossen. Die Leckagemenge des  
Zumessventils 47 strömt in die Verteilleitung 45 und  
erreicht die Pumpenelemente 19, sobald der Druck in der  
Verteilleitung 45 ausreichend hoch ist und die  
Pumpenelemente 19 während des Saughubs die Saugventile 21  
öffnen können. Da während des Schiebebetriebs das  
Druckventil 51 geöffnet wird, ist der Druck im Common-Rail  
25 nicht, wie in Figur 1 dargestellt hoch, sondern es

- 13 -

herrscht in der gesamten Einspritzanlage ein niedriger Druck. Infolgedessen ist die Förderarbeit der Pumpenelemente 19 gering und der Druck im Common-Rail 25 ist so gering, dass die Injektoren (nicht dargestellt) nicht öffnen, da  
5 der Kraftstoffdruck nicht ausreicht, um die Schließkraft der Düsenfeder der Injektoren zu überwinden. D.h. durch die erfindungsgemäße Ansteuerung des Zumessventils 47 und des Druckventils 51 kann auf eine Nullförder-Drossel 49 ohne Einbußen in der Funktion des Kraftstoffeinspritzsystems  
10 verzichtet werden.

Zur Verdeutlichung der Vorteile des erfindungsgemäßen Kraftstoffeinspritzsystems ist in Figur 6 ein Diagramm dargestellt, in welchem ein Durchfluss 73 über einer  
15 Drehzahl  $n$  aufgetragen ist. Eine erste Linie 75 zeigt die Fördermenge der Vorförderpumpe 1 in Abhängigkeit der Drehzahl  $n$ . Eine zweite Linie 77 zeigt den Kraftstoffbedarf einer Kraftstoffhochdruckpumpe 1 nach dem Stand der Technik. Der Kraftstoffbedarf der Kraftstoffhochdruckpumpe  
20 1 nach dem Stand der Technik setzt sich im Wesentlichen aus der drehzahlabhängigen Fördermenge der Pumpenelemente 19 und dem differenzdruckabhängigen Volumenstrom durch die Nullförderdrossel 49 zusammen. Am Schnittpunkt 79 zwischen erster Linie 75 und zweiter Linie 75 ist die Startdrehzahl  
25 einer mit einem Kraftstoffeinspritzsystem nach dem Stand der Technik ausgerüsteten Brennkraftmaschine erreicht. Im vorliegenden Beispielsfall beträgt die Startdrehzahl 133 Umdrehungen pro Minute.

30 Eine dritte Linie 81 zeigt den Kraftstoffbedarf einer mit einem erfindungsgemäßen Kraftstoffeinspritzsystem ausgerüsteten Brennkraftmaschine. Der drehzahlabhängige Kraftstoffbedarf 81 der erfindungsgemäßen Kraftstoffhochdruckpumpe 17 hängt nur von der Fördermenge  
35 der Pumpenelemente 19 ab und liegt somit über den gesamten Drehzahlbereich unter dem Kraftstoffbedarf einer

- 14 -

Brennkraftmaschine nach dem Stand der Technik (siehe zweite Linie 77). Infolgedessen ist auch der Schnittpunkt 83 zwischen dritter Linie 81 und erster Linie 75 bei einer niedrigeren Drehzahl erreicht. In dem Beispiel gemäß Figur 6 beträgt die Startdrehzahl einer mit dem erfindungsgemäßen Kraftstoffeinspritzsystem ausgerüsteten Brennkraftmaschine 116 Umdrehungen pro Minute. D.h. die Brennkraftmaschine startet schneller, der Anlasser und das Bordnetz werden weniger belastet und ein Start ist auch unter ungünstigeren Umgebungsbedingungen noch möglich.



5

## Ansprüche

- 10 1. Kraftstoffhochdruckpumpe für ein  
Kraftstoffeinspritzsystem einer Brennkraftmaschine, mit  
mindestens einem Pumpenelement (19), mit einer  
Vorförderpumpe (1), mit einem Zumeßventil (47), wobei die  
Vorförderpumpe (1) Kraftstoff aus einem Tank (5) zur  
15 Saugseite des oder der Pumpenelemente (19) fördert und  
wobei die von der Vorförderpumpe (1) zur Saugseite des oder  
der Pumpenelemente (19) geförderte Kraftstoffmenge durch  
das Zumeßventil (47) regelbar ist, und mit einer Drossel  
(49) zur Begrenzung des Kraftstoffabflusses von der  
20 Saugseite des oder der Pumpenelemente (19), dadurch  
gekennzeichnet, dass die Drossel (49) steuerbar ist.
2. Kraftstoffhochdruckpumpe nach Anspruch 1, dadurch  
gekennzeichnet, dass die Drossel (49) schließt, wenn der  
25 Kraftstoffdruck auf der Druckseite (15) der Vorförderpumpe  
(1) einen ersten Referenzwert unterschreitet.
3. Kraftstoffhochdruckpumpe nach Anspruch 1 der 2,  
dadurch gekennzeichnet, dass die Drossel (49) von einem mit  
30 dem Kraftstoffdruck auf der Druckseite (15) der  
Vorförderpumpe (1) beaufschlagten Steuerventil (55)  
gesteuert wird.
4. Kraftstoffhochdruckpumpe nach Anspruch 3, dadurch  
35 gekennzeichnet, dass das Steuerventil (35) auch den Zufluß  
von Kraftstoff in die Kraftstoffhochdruckpumpe (17) zur

- 16 -

Schmierung steuert.

5. Kraftstoffhochdruckpumpe nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Steuerventil (35) ein Kaskadenventil ist, und dass Steuerventil (35) den Zufluß von Kraftstoff in die Kraftstoffhochdruckpumpe (17) zur Schmierung in mehreren Stufen steuert.

6. Kraftstoffhochdruckpumpe nach einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Drossel (49) in das Steuerventil (55, 35) integriert ist.

7. Kraftstoffhochdruckpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Drossel (49) ablaufseitig mit einer in den Tank (5) mündenden Rücklaufleitung (29) verbunden ist.

8. Kraftstoffhochdruckpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Drossel (49) ablaufseitig mit einer Zulaufleitung (3) der Vorförderpumpe (1) verbunden ist.

9. Kraftstoffhochdruckpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Drossel (49) ablaufseitig mit der Schmierung der Kraftstoffhochdruckpumpe (17) verbunden ist.

10. Kraftstoffeinspritzanlage für eine Brennkraftmaschine, mit einer Kraftstoffhochdruckpumpe (1), wobei die Kraftstoffhochdruckpumpe (17) mindestens ein Pumpenelement (19) aufweist, mit einer Vorförderpumpe (1), mit einem Zumeßventil (47), wobei die Vorförderpumpe (1) Kraftstoff aus einem Tank (5) zur Saugseite des oder der Pumpenelemente (19) fördert und wobei die von der Vorförderpumpe (1) zur Saugseite des oder der Pumpenelemente (19) geförderte Kraftstoffmenge durch das

- 17 -

Zumeßventil (47) regelbar ist, mit einem mit der Druckseite der Kraftstoffhochdruckpumpe (17) verbundenen Common-Rail (25), wobei der Common-Rail (25) über ein Druckregelventil (51) mit einem Kraftstoffrücklauf (29) verbindbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass im Schiebebetrieb der Brennkraftmaschine das Druckregelventil (51) geöffnet und das Zumeßventil (47) geschlossen ist.

11. Kraftstoffeinspritzanlage nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Druckventil (51) ein Sperr- oder ein Stromventil ist.

12. Kraftstoffeinspritzanlage nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass ein Steuergerät zur Steuerung der Kraftstoffeinspritzanlage vorgesehen ist.

13. Kraftstoffhochdruckpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorförderpumpe (1) eine Zahnradpumpe ist, und dass die Vorförderpumpe (1) von der Kraftstoffhochdruckpumpe (17) oder der Brennkraftmaschine angetrieben wird.

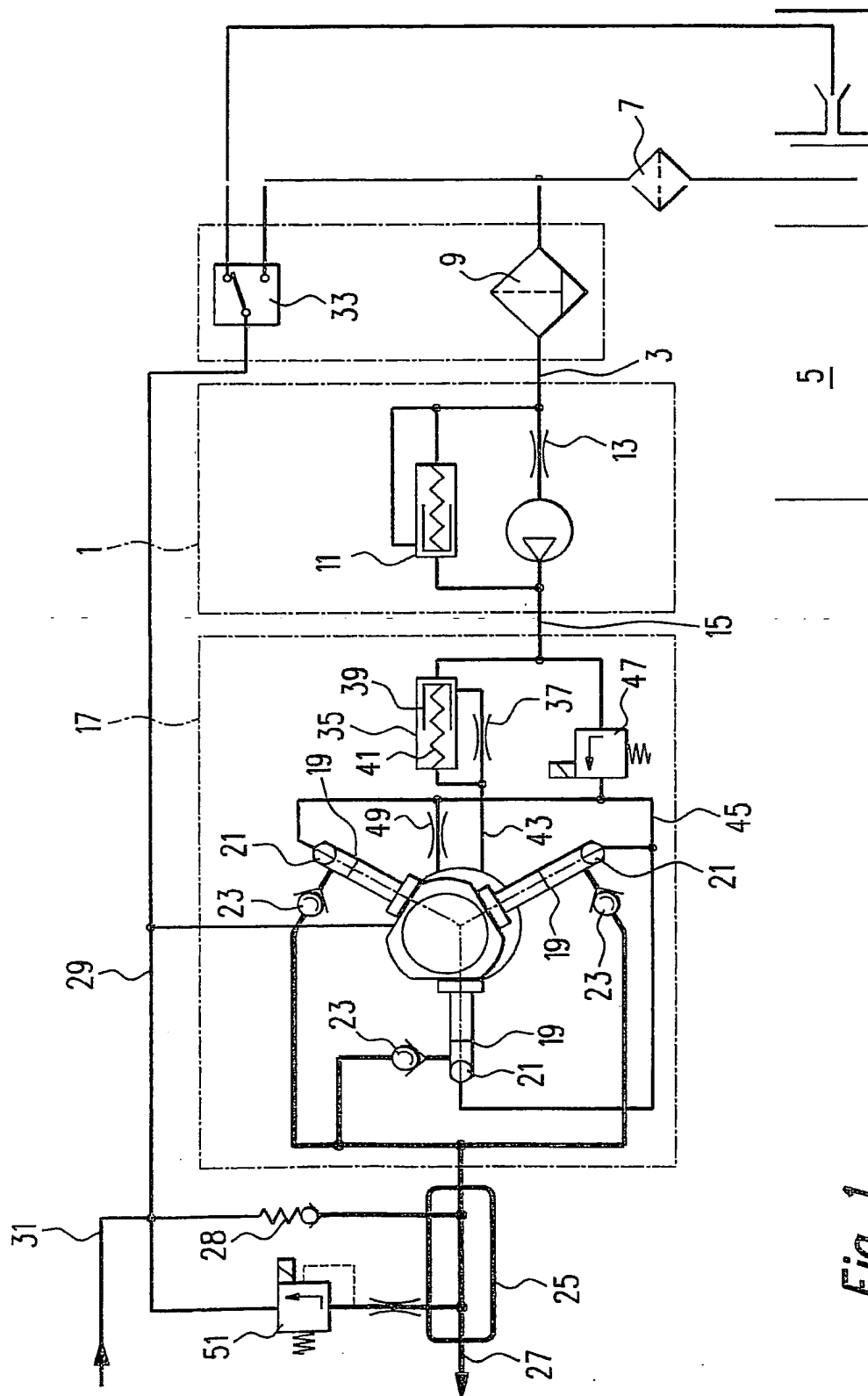


Fig. 1

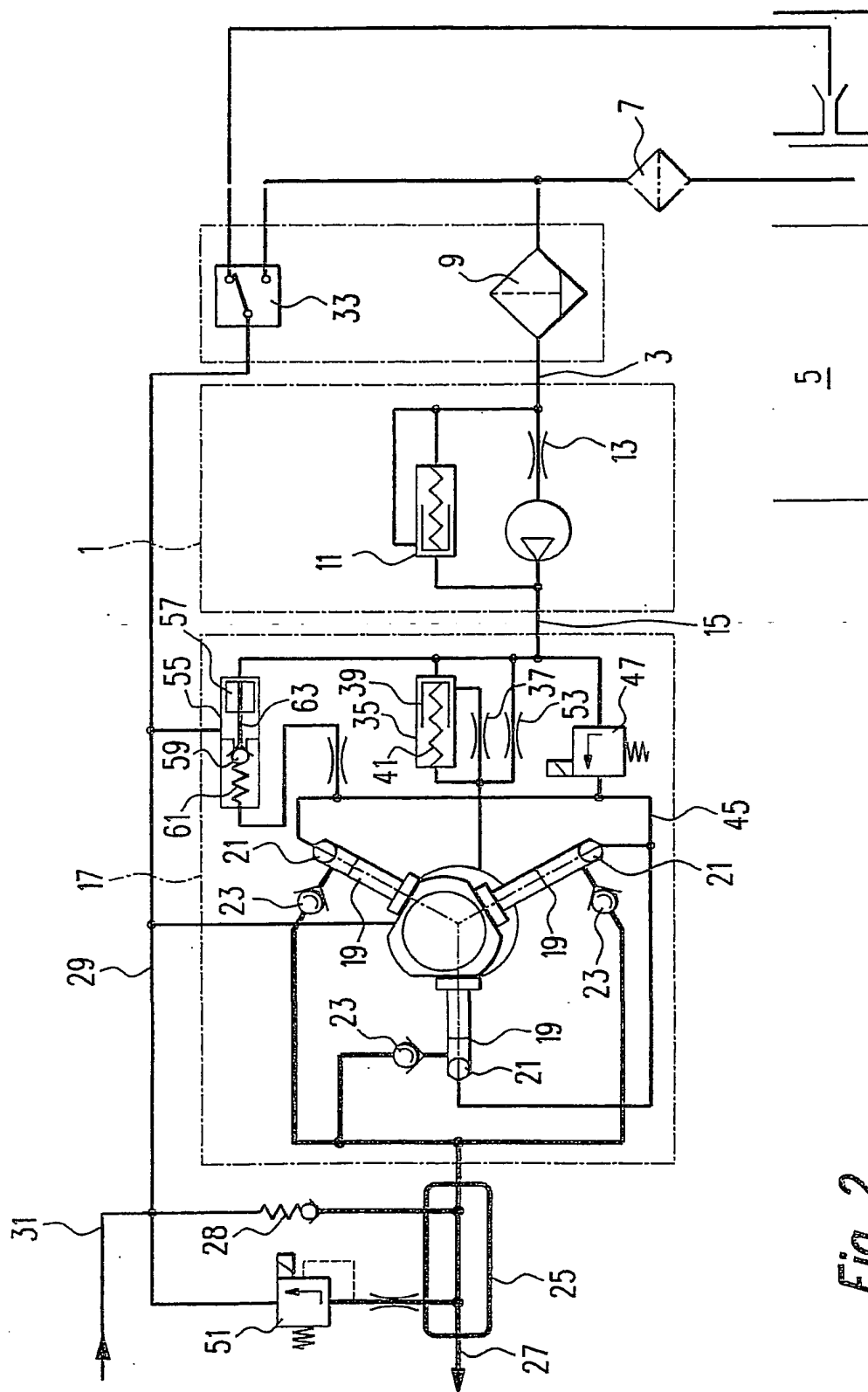


Fig. 2

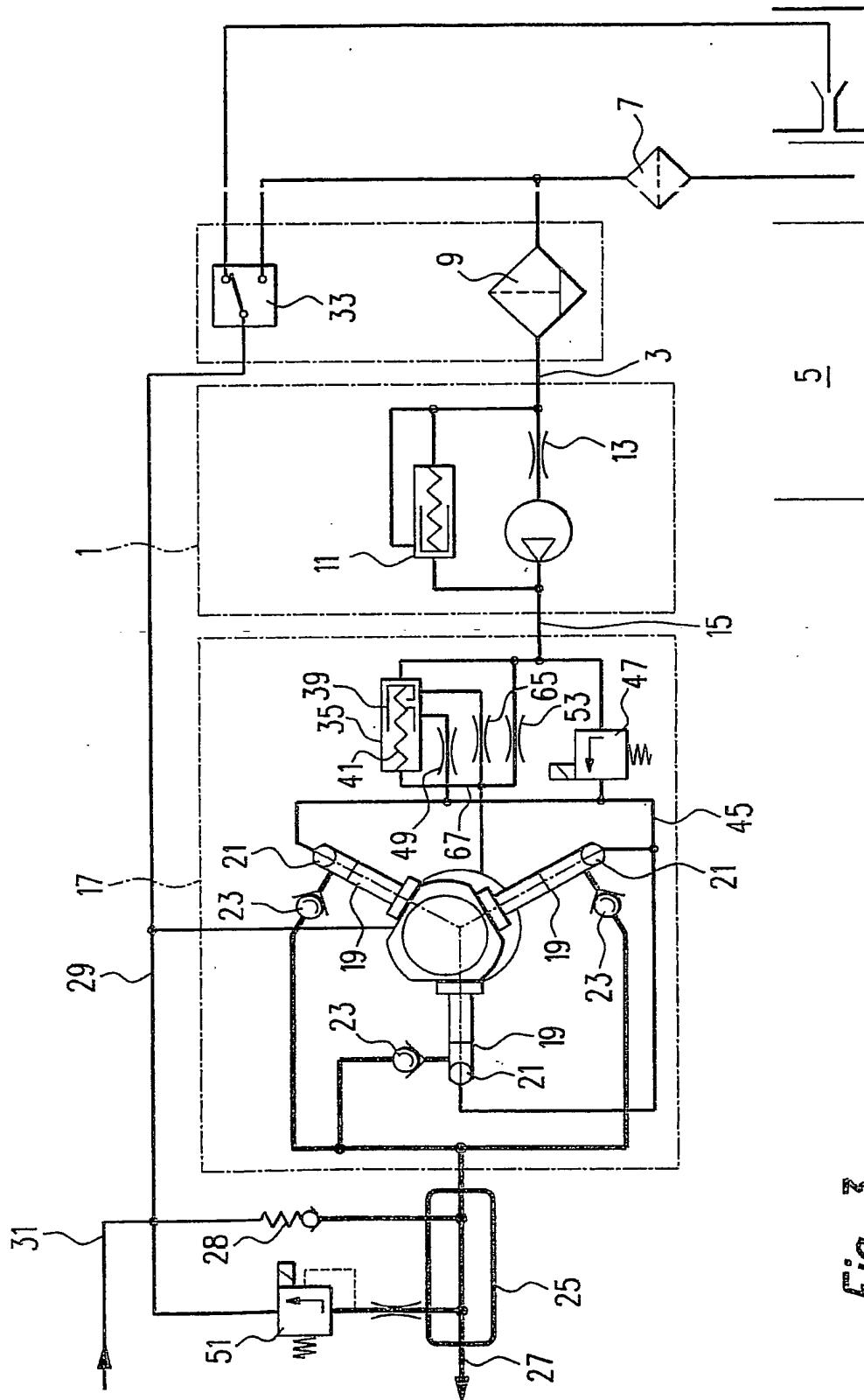


Fig. 3

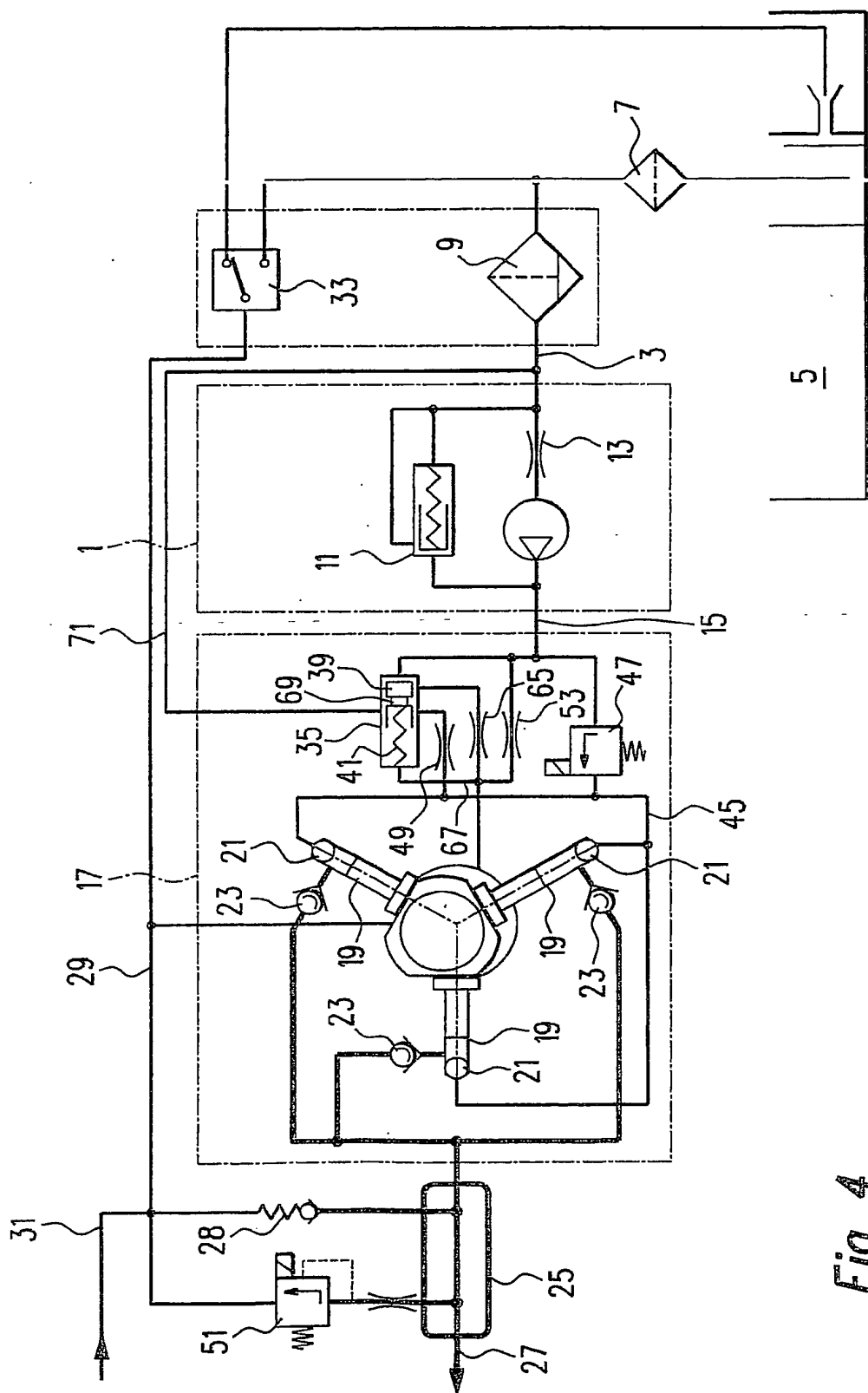


Fig. 4

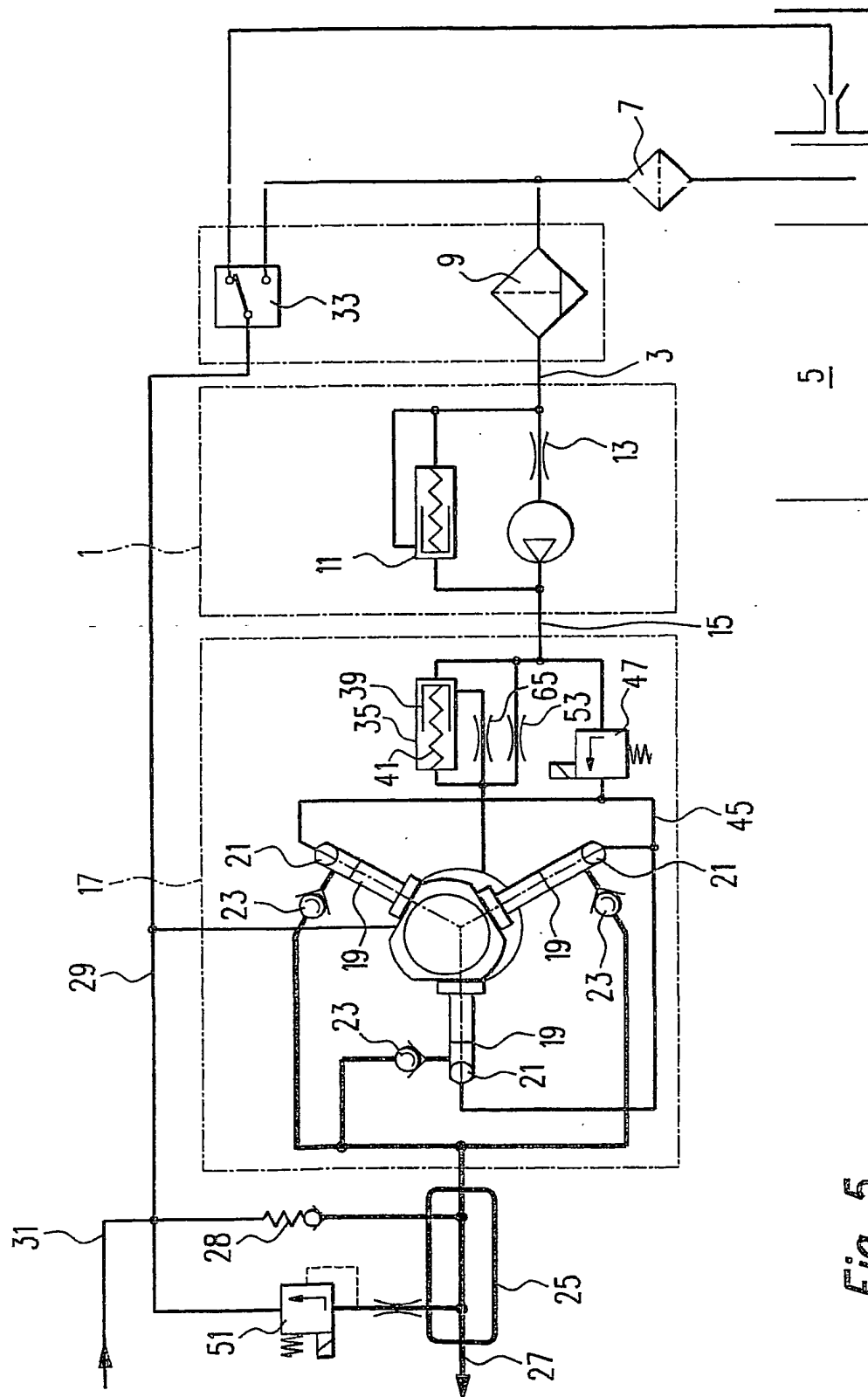


Fig. 5



6 / 6

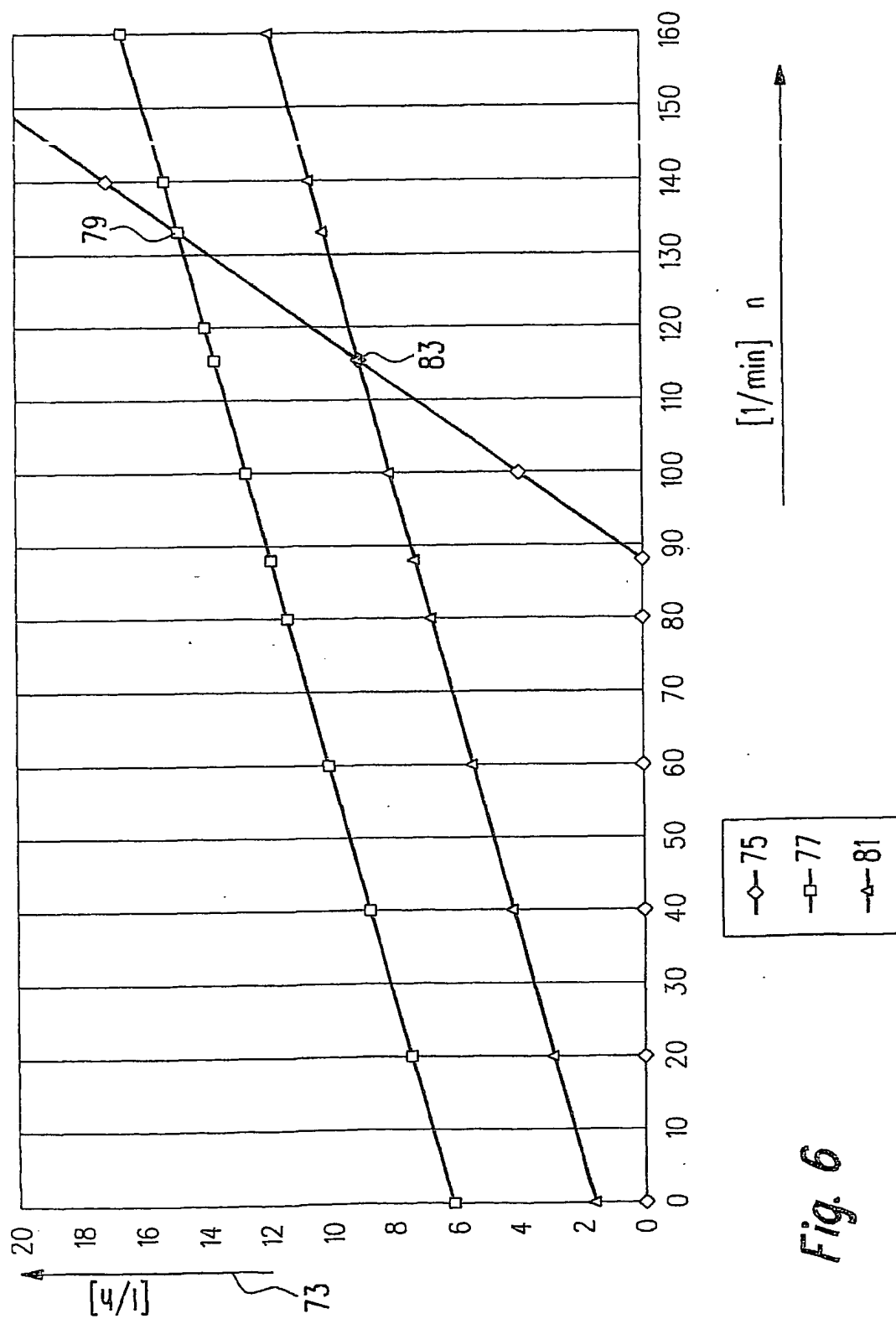


Fig. 6